

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-239977

(43)Date of publication of application : 27.08.2003

(51)Int.Cl.

F16C 33/24

(21)Application number : 2002-034585

(71)Applicant : NIKKISO CO LTD

(22)Date of filing : 12.02.2002

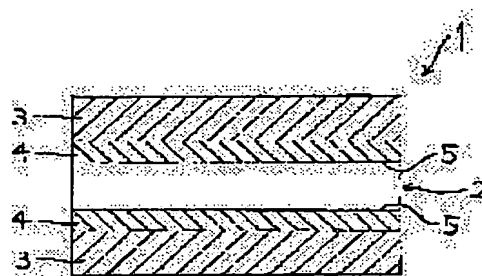
(72)Inventor : HACHINA JIYUNZOU
KONISHI YOSHIKI

(54) SLIDING MEMBER AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a sliding member which endures high load, has reduced friction coefficient, hardly wears, radiates generated heat speedily because its thermal conductivity is excellent, and holds its performance for a long time, and also to provide a manufacturing method therefor.

SOLUTION: This sliding member is provided with a sliding member main body and a surface layer having a slide face in contact with a mate member. The sliding member main body is formed by a material guaranteeing mechanical strength of the whole sliding member and provided with heat resistance for heating temperature when forming the sliding member. The surface layer includes carbon nanotube substantially, and the material forming the sliding member main body is formed in a condition in which it enters between carbon nanotubes.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than abandonment
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application] 23.05.2005

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-239977

(P2003-239977A)

(43) 公開日 平成15年8月27日 (2003.8.27)

(51) Int.Cl.⁷

F 1 6 C 33/24

識別記号

F I

F 1 6 C 33/24

ターミナル (参考)

Z 3 J 0 1 1

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-34585 (P2002-34585)

(22) 出願日 平成14年2月12日 (2002.2.12)

(71) 出願人 000226242

日機装株式会社

東京都渋谷区恵比寿3丁目43番2号

(72) 発明者 八名 純三

東京都渋谷区恵比寿3丁目43番2号 日機装株式会社内

(72) 発明者 小西 義昭

東京都渋谷区恵比寿3丁目43番2号 日機装株式会社内

(74) 代理人 100087594

弁理士 福村 直樹

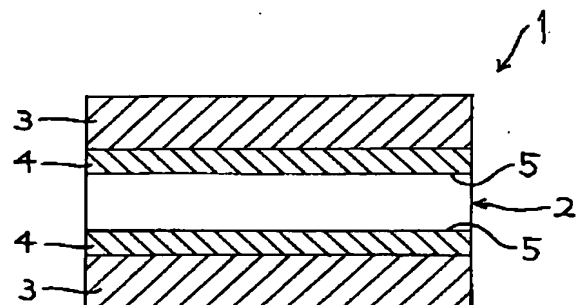
Fターム (参考) 3J011 SA05 SE05

(54) 【発明の名称】 摺動部材及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高荷重に耐え、摩擦係数が小さく、磨耗しにくく、かつ熱伝導性が良好であるので、発生する熱を速やかに放出することができ、性能を長期間保持することができる摺動部材及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】 摺動部材本体と、相手材が接触する摺動面を有する表面層とを備えた摺動部材であって、前記摺動部材本体が、摺動部材全体の機械的強度を保障し、この摺動部材を形成する際の加熱温度に対する耐熱性を備えた素材で形成されてなり、前記表面層が、カーボンナノチューブを実質的に含有し、前記摺動部材本体を形成する素材が前記カーボンナノチューブ間に浸入した状態に形成されてなることを特徴とする摺動部材及びその製造方法。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 摺動部材本体と、相手材が接触する摺動面を有する表面層とを備えた摺動部材であって、前記摺動部材本体が、摺動部材全体の機械的強度を保障し、この摺動部材を形成する際の加熱温度に対する耐熱性を備えた素材で形成されてなり、前記表面層が、カーボンナノチューブを実質的に含有し、前記摺動部材本体を形成する素材が前記カーボンナノチューブ間に浸入した状態に形成されてなることを特徴とする摺動部材。

【請求項 2】 相手材が接触する摺動面を有する表面層の前駆体であって、カーボンナノチューブの集合体である表面層前駆体を形成する表面層前駆体形成工程、前記カーボンナノチューブを黒鉛化する温度により分解しない粉体であって、カーボンナノチューブの集合体におけるカーボンナノチューブ間に浸入することのできる粉体により摺動部材本体前駆体を形成する摺動部材本体前駆体形成工程、及び前記摺動部材本体前駆体の表面に前記表面層前駆体が存在する状態で、前記摺動部材本体前駆体及び前記表面層前駆体を加圧加熱して一体化する工程を有することを特徴とする請求項 1 に記載の摺動部材の製造方法。

【請求項 3】 円筒形の第 1 弾力性型の中心部に第 1 心棒を配置することによって、前記第 1 弾力性型及び第 1 心棒により形成される環状の第 1 空間内に、カーボンナノチューブを加熱する際の温度における耐熱性を有する粉体を充填し、前記第 1 弾力性型により型くずれしない程度にその粉体を加圧することにより摺動部材本体前駆体を形成する摺動部材本体前駆体形成工程と、前記第 1 心棒の代わりに、前記第 1 心棒よりも小さな直径を有する第 2 心棒を前記第 1 弾力性型の中心部に配置することによって、前記第 1 弾力性型及び第 2 心棒により形成される環状の第 2 空間内にカーボンナノチューブを充填し、前記第 1 弾力性型により型くずれしない程度にそのカーボンナノチューブを加圧することにより表面層前駆体を形成する表面層前駆体形成工程と、前記表面層前駆体と前記摺動部材本体前駆体とを加圧加熱することにより一体化する工程とを有することを特徴とする前記請求項 1 に記載の摺動部材の製造方法。

【請求項 4】 円筒形の第 2 弾力性型の中心部に心棒を挿通することによって、前記第 2 弾力性型及び心棒により形成される環状の第 2 空間内にカーボンナノチューブを充填し、前記第 2 弾力性型により型くずれしない程度にそのカーボンナノチューブを加圧することにより表面層前駆体を形成する表面層前駆体形成工程と、前記第 2 弾力性型の代わりに、この第 2 弾力性型よりも大きな直径を有する円筒形の第 1 弾力性型の中心部に、前記心棒と共にこの心棒の周囲に形成された表面層前駆体を配置し、前記表面層前駆体及び前記第 1 弾力性型により形成される環状の第 1 空間内に、カーボンナノチューブを加熱する際の温度における耐熱性を有する粉体を

充填し、前記第 1 弾力性型により型くずれしない程度にその粉体を加圧することにより摺動部材本体前駆体を形成する摺動部材本体前駆体形成工程と、

前記摺動部材本体前駆体と前記表面層前駆体とを加圧加熱することにより一体化する工程とを有することを特徴とする前記請求項 1 に記載の摺動部材の製造方法。

【請求項 5】 円筒形の弾力性型の中心部に心棒を挿通することによって、前記弾力性型及び心棒により形成される環状の第 2 空間内に、カーボンナノチューブを充填して加圧した後、これを黒鉛化熱処理することにより表面層前駆体を形成する表面層前駆体形成工程と、この弾力性型よりも大きな直径を有する円筒形の焼結用型の中心部に前記表面層前駆体を配置することによって、前記表面層前駆体及び前記焼結用型により形成される環状の第 1 空間内に焼結可能な粉体を充填し、この粉体を加熱してこの粉体の焼結体を形成させて、前記表面層前駆体とその中に浸入した前記粉体により形成された焼結体部分とから成る表面層、及びその浸入した粉体の焼結体部分以外の焼結体部分から成る摺動部材本体を作成する焼結工程とを有することを特徴とする前記請求項 1 に記載の摺動部材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、摺動部材及びその製造方法に関し、高荷重に耐え、摩擦係数が小さく、磨耗しにくく、かつ熱伝導性が良好であるので、発生する熱を速やかに放出することができ、性能を長期間保持することができる摺動部材及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】軸受けのような摺動部材は、その使用状態によって様々な性能が要求される。例えばキャンドモーターポンプやマグネット駆動ポンプのように軸受けが移送液に浸るすべし軸受けを用いるポンプでは、色々の薬液に対して耐食性の大きい軸受け材料が必要とされる。

【0003】このため軸受け材料としては、化学的に安定で潤滑性のある黒鉛質カーボンやセラミックスが多く用いられているが、これらの軸受け材料で、軸受けとして高荷重に耐えることのできるものは摩擦係数が大きく、機械損失が大きい。また耐荷重部材にポリテトラフルオロエチレン（PTFE）等のフッ素樹脂のシート等を貼り付ける方法で製造される軸受けは、その接合部分の強度が小さく、低荷重用の用途のみに使用が限定されている。

【0004】摺動材としては、気相成長炭素繊維（VGCF）又は VGCF を熱処理によりグラファイト化させたものを合成樹脂に混合して得られる摺動材が特開平 3-38327 号公報に開示されているが、これは耐磨耗性のみを改善したものであり、上記摺動材に要求される耐食性及び耐荷重性等に対しては充分とはいえない。

10

20

30

40

50

【0005】VGCF又はVGCFを熱処理によりグラファイト化させたものを硫化モリブデン微粉末とともに合成樹脂中に分散させて得られる摺動部材が特開平4-11693号公報に提案されているが、これは、合成樹脂を用いることから高温での使用や、腐食性流体の存在下又は高荷重条件下での使用には適さず、しかも硫化モリブデンを含有することで、酸化リッチ条件下ではモリブデンの酸化が起こり、摩擦係数の増大も起こり得る。

【0006】特開平5-59387号公報には、VGCF、二硫化モリブデン、グラファイト、PTFEなどを主材であるポリアミド樹脂又はポリイミド樹脂に混合して摺動材とし、摩擦係数を増大させず、磨耗を減少させるベアリング材が提案されているが、この場合においても、上記の場合と同様に使用条件が限定される。

【0007】またシート状摺動材又は薄肉円筒状の摺動材を耐圧シートとして取り付ける方法は、摺動材が少なくすむ反面、耐荷重性に劣る。逆に全体に摺動部材のブロック加工品を使用する方法は、耐荷重性には優れるが、高価になり、また熱の放出性が悪く、使用時に温度の上昇が起こり、高速高荷重時に油膜が消失し、潤滑性が悪化し、焼き付けが起こるおそれがある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、高荷重に耐え、摩擦係数が小さく、磨耗しにくく、かつ熱伝導性が良好であるので、発生する熱を速やかに放出することができ、性能を長期間保持することができる摺動部材及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するための手段は、摺動部材本体と、相手材が接触する摺動面を有する表面層とを備えた摺動部材であって、前記摺動部材本体が、摺動部材全体の機械的強度を保障し、この摺動部材を形成する際の加熱温度に対する耐熱性を備えた素材で形成されてなり、前記表面層が、カーボンナノチューブを実質的に含有し、前記摺動部材本体を形成する素材が前記カーボンナノチューブ間に浸入した状態に形成されてなることを特徴とする摺動部材であり、相手材が接触する摺動面を有する表面層の前駆体であって、カーボンナノチューブの集合体である表面層前駆体を形成する表面層前駆体形成工程、前記カーボンナノチューブを黒鉛化する温度により分解しない粉体であって、カーボンナノチューブの集合体におけるカーボンナノチューブ間に浸入することのできる粉体により摺動部材本体前駆体を形成する摺動部材本体前駆体形成工程、及び前記摺動部材本体前駆体の表面に前記表面層前駆体が存在する状態で、前記摺動部材本体前駆体及び前記表面層前駆体を加圧加熱して一体化する工程を有することを特徴とする前記摺動部材の製造方法であり、円筒形の第1弾力性型の中心部に第1心棒を配置することによって、前記第1弾力性型及び第1心棒により形成される環状の第1

空間内に、カーボンナノチューブを加熱する際の温度における耐熱性を有する粉体を充填し、前記第1弾力性型により型くずれしない程度にその粉体を加圧することにより摺動部材本体前駆体を形成する摺動部材本体前駆体形成工程と、前記第1心棒の代わりに、前記第1心棒よりも小さな直径を有する第2心棒を前記第1弾力性型の中心部に配置することによって、前記第1弾力性型及び第2心棒により形成される環状の第2空間内にカーボンナノチューブを充填し、前記第1弾力性型により型くずれしない程度にそのカーボンナノチューブを加圧することにより表面層前駆体を形成する表面層前駆体形成工程と、前記表面層前駆体と前記摺動部材本体前駆体とを加圧加熱することにより一体化する工程とを有することを特徴とする前記摺動部材の製造方法であり、円筒形の第2弾力性型の中心部に心棒を挿通することによって、前記第2弾力性型及び心棒により形成される環状の第2空間内にカーボンナノチューブを充填し、前記第2弾力性型により型くずれしない程度にそのカーボンナノチューブを加圧することにより表面層前駆体を形成する表面層前駆体形成工程と、前記第2弾力性型の代わりに、この第2弾力性型よりも大きな直径を有する円筒形の第1弾力性型の中心部に、前記心棒と共にこの心棒の周囲に形成された表面層前駆体を配置し、前記表面層前駆体及び前記第1弾力性型により形成される環状の第1空間内に、カーボンナノチューブを加熱する際の温度における耐熱性を有する粉体を充填し、前記第1弾力性型により型くずれしない程度にその粉体を加圧することにより摺動部材本体前駆体を形成する摺動部材本体前駆体形成工程と、前記摺動部材本体前駆体と前記表面層前駆体とを加圧加熱することにより一体化する工程とを有することを特徴とする前記摺動部材の製造方法であり、円筒形の弾力性型の中心部に心棒を挿通することによって、前記弾力性型及び心棒により形成される環状の第2空間内に、カーボンナノチューブを充填して加圧した後、これを黒鉛化熱処理することにより表面層前駆体を形成する表面層前駆体形成工程と、この弾力性型よりも大きな直径を有する円筒形の焼結用型の中心部に前記表面層前駆体を配置することによって、前記表面層前駆体及び前記焼結用型により形成される環状の第1空間内に焼結可能な粉体を充填し、この粉体を加熱してこの粉体の焼結体を形成させて、前記表面層前駆体とその中に浸入した前記粉体により形成された焼結体部分とから成る表面層、及びその浸入した粉体の焼結体部分以外の焼結体部分から成る摺動部材本体を作成する焼結工程とを有することを特徴とする前記摺動部材の製造方法である。

【0010】

【発明の実施の形態】1. 摺動部材

図1に、この発明に係る摺動部材の一具体例である軸受け部材1の縦断面説明図を示す。

【0011】軸受け部材1は、円筒状の部材であって、

相手材である軸が往復動することのできる摺動孔 2 を有する。

【0012】軸受け部材 1 は、その外周部を形成する軸受け本体 3 と、軸受け本体 3 の内側に設けられた表面層 4（尚、この表面層は、他の表面に存在する層と区別するために内表面層と称しても良い。）とから形成される。表面層 4 における摺動孔 2 を形成する面が摺動面 5 であり、軸が接触する面である。

【0013】摺動部材本体である軸受け本体 3 は、軸受け部材 1 を形成する際の加熱温度に対する耐熱性を備えた素材で形成される。すなわち軸受け本体 3 は、軸受け部材 1 の形成時に行われる加熱等圧成形及び黒鉛化処理等においても、分解及び燃焼等をすることのない素材で形成される。したがって軸受け本体 3 に使用される前記素材は、軸受け部材 1 の製造方法に従って、前記条件を満たす素材が適宜選択される。

【0014】軸受け本体 3 は、軸受け部材 1 において、その全体の機械的強度を保障する部分である。例えば軸受け部材 1 において要求される耐荷重性は軸受け本体 3 により実現される。したがって軸受け本体 3 に使用される前記素材としては、そのような軸受け本体 3 の機械的強度を実現することのできる素材である必要がある。

【0015】以上のような条件を満たすことのできる軸受け本体 3 の素材としては、例えば黒鉛質カーボン、セラミック及び金属等を挙げることができる。

【0016】表面層 4 は、カーボンナノチューブを実質的に含有する。表面層 4 は、前記カーボンナノチューブの相互間に浸入したところの、軸受け本体 3 を形成する前記素材を有する。すなわち表面層 4 においてカーボンナノチューブ間に前記素材が浸入した部分は、カーボンナノチューブと前記素材との混合層となる。

【0017】表面層 4 と軸受け本体 3 とは隣接して設けられているので、表面層 4 における前記カーボンナノチューブ間に浸入した前記素材が占める部分は、軸受け本体 3 と連続的に形成されている。つまり軸受け部材 1 における軸受け本体 3 と表面層 4 とは、明確な界面を有することなく隣接している。

【0018】表面層 4 におけるカーボンナノチューブ間に浸入した前記素材の分布状態については、この発明の目的を達成することのできる限り特に制限はなく、例えば表面層 4 全体に均一に前記素材が分布していてもよく、表面層 4 における軸受け本体 3 側から摺動孔 2 側に向かって密度が漸次低下するように前記素材が分布していてもよい。

【0019】また表面層 4 のカーボンナノチューブ間における前記素材は、そのカーボンナノチューブ全体に分布している必要はなく、軸受け本体 3 から連続して分布していれば、摺動面 5 まで分布していなくてもよい。したがってその場合には、表面層 4 における摺動面 5 を形成する部分は、カーボンナノチューブのみにより形成さ

れることになり、表面層 4 は、カーボンナノチューブと前記素材との混合層及びカーボンナノチューブのみの層から成る二層構造となる。この場合結果として軸受け部材 1 は、その外周面から内周面つまり摺動面 5 に向かって、前記素材のみの層、前記混合層及びカーボンナノチューブのみの層から成る三層構造となる。

【0020】表面層 4 に含有される前記カーボンナノチューブとしては、この発明の目的を達成することができる限り特に制限はないが、その平均直径が $1\text{ nm} \sim 1\text{ }\mu\text{ m}$ 、特に $10 \sim 200\text{ nm}$ であることが好ましく、そのアスペクト比が小さくとも 10、特に $10 \sim 200$ 、さらには $10 \sim 100$ であることが好ましい。前記平均直径及びアスペクト比が前記範囲内であると、軸受け部材 1 において好ましい摺動特性が得られ、軸受け部材 1 の電気伝導特性及び熱伝導特性も良好になるという利点がある。

【0021】表面層 4 に含有される前記カーボンナノチューブは、その製法には特に制限はなく、例えば気相成長法すなわち基板法又は流動気相成長法により製造することができる。

【0022】表面層 4 に含有される前記カーボンナノチューブとしては、特に多層カーボンナノチューブ、つまり中空年輪構造のカーボンナノチューブが好適に使用される。多層カーボンナノチューブは、機械的特性及び化学安定性に優れているので、表面層 4 に含有される前記カーボンナノチューブとして適している。

【0023】多層カーボンナノチューブは、例えば次のような公知の方法により製造される。遷移金属含有化合物例えば鉄原子を含有する鉄原子含有化合物と、硫黄原子を含有する硫黄化合物と、炭化水素等の炭素源となりうる有機化合物と、キャリアガスとを混合して得られる原料混合物を、反応管内における $900 \sim 1,300^\circ\text{C}$ の温度に維持された反応領域に供給することにより、多層カーボンナノチューブが製造されることができる。

【0024】この多層カーボンナノチューブは中空で黒鉛層が繊維長手方向に平行に配向した所謂年輪構造であるので、電気特性や機械特性（強度及び弾性率等）に優れ、複合材料として使用されることが多い。カーボンナノチューブは、強い剪断力を与えながら成形すること、ある程度繊維の配向を揃えることが可能である。カーボンナノチューブは、このように配向をそろえることで、長手方向に対する荷重特性が向上する可能性がある。

【0025】この多層カーボンナノチューブ中の遷移金属微粒子が悪影響を及ぼす場合は、多層カーボンナノチューブを酸の液中に浸漬したり、高温の不活性気体中に曝すことにより遷移金属粒子を蒸発させて、除去したりすることもできる。

【0026】軸受け本体 3 の厚み及び表面層 4 の厚みは、軸受け部材 1 の使用目的等に応じて適宜決定するこ

とができる。表面層 4 の厚みは、軸受け部材 1 に加えられる荷重により、又は軸直径により適宜変更する必要がある。

【0027】軸受け部材 1 の使用方法は、従来の軸受け部材と同様にすることができる。

【0028】軸受け部材 1 は、以下のように作用する。軸受け部材 1 は、黒鉛質カーボン、セラミック及び金属などを素材とし、軸受け部材全体の機械的強度を保障する軸受け本体 3 を有するので、耐荷重性に優れる。

【0029】軸受け部材 1 は、摺動面 5 を形成する表面層 4 を有し、表面層 4 は、カーボンナノチューブを含有する。カーボンナノチューブは、摩擦係数が小さい。したがって軸受け部材 1 において軸が摺動孔 2 内を摺動しても、軸等の磨耗が少なく、また発生する熱量が小さいので、潤滑剤の過熱に基づく油膜切れ又は焼き付け等の発生が抑制される。またカーボンナノチューブは、熱伝導性に優れる。したがって軸受け部材 1 においては、軸の摺動により発生した熱は、速やかに摺動面 5 から外周面方向に移動するので、さらに前記油膜切れ又は焼き付け等の発生の防止効果大きい。

【0030】表面層 4 は、前記カーボンナノチューブ間に浸入した、軸受け本体 3 を形成する前記素材を有し、軸受け本体 3 と、表面層 4 における前記素材が占める部分とは連続的に形成されている。本体部にシール部材を単に装着して成る軸受け部材では、本体部とシール部材との界面部における強度が小さいので、高荷重に耐えることができないが、軸受け部材 1 においては、前記のように軸受け本体 3 と表面層 4 とは明確な界面を有することなく一体に形成されているので、前記界面部における低強度化が実質的に生じない。またカーボンナノチューブは、グラファイトシートをまるめた円筒構造であり、グラファイト層の層間剥離が起こりにくい構造である。したがって軸受け部材 1 は、高荷重付加時においても表面層が破損することがないので、高荷重付加時における使用も可能である。

【0031】また 2 つの部材が明確な界面をもって接している場合には、その界面において熱伝導が抑制される。軸受け部材 1 においては、前記のように軸受け本体 3 と表面層 4 とは明確な界面を有することなく一体に形成されているので、そのような界面における熱伝導の抑制がなく、熱伝導性が良い。したがって軸受け部材 1 においては、軸の摺動により発生した熱は、表面層 4 から軸受け本体 3 にスムーズに移動するので、なお一層前述の油膜切れ又は焼き付け等の発生の防止効果大きい。

【0032】この発明に係る摺動部材は、その形状及び大きさ等については、軸受け部材 1 の形状及び大きさ等には制限されることはなく、この発明の目的を達成することができる範囲内で適宜決定することができる。

【0033】上記においてはこの発明に係る摺動部材を、軸受けを例にして説明しているが、この発明に係る

摺動部材は、軸受けに制限されることはない。また上記においては、摺動部材に対して相手材である軸が摺動する場合を例にして説明しているが、この発明においては、摺動部材が相手材に対して摺動し、相手材が静止している場合、又は摺動部材と相手材との両方がそれぞれ他方に対して摺動する場合であってもよい。例えばこの発明に係る摺動部材は、レール若しくはその上を摺動する部材であってもよく、円軌道、楕円軌道若しくは不規則な軌道等を描いて平面上を摺動する部材若しくはその部材が接する平面部材であってもよい。

【0034】2. 摺動部材の製造方法

この発明に係る摺動部材の製造方法を、軸受け部材 1 の製造方法を例にして、以下に説明する。

【0035】まずこの発明に係る摺動部材の製造方法の第一の具体例（以下「第一製造方法」という）について説明する。

【0036】図 2 に示すような弾力性型 6 を用意する。弾力性型 6 は、円筒状部 7 と、円筒状部 7 の一端部に設けられた円板部 8 とを有する。円板部 8 は、その中心部に円孔 9 を有する。

【0037】円板部 8 の円孔 9 内に嵌挿可能な円柱状の第 1 心棒 10 を、円板部 8 の円孔 9 内に挿入し、弾力性型 6 の内部空間内に第 1 心棒 10 を突出させる。その結果、弾力性型 6 内には円筒状の第 1 空間 11 が形成される。

【0038】図 3 に示すように、第 1 空間 11 内に軸受け本体 3 の原料となる粉体 12 を充填する。粉体 12 は、カーボンナノチューブを加熱する際の温度における耐熱性を有する粉体であり、またこれにより軸受け本体が形成されたときに軸受け本体 3 に要求される機械的強度を確保することのできる粉体である。このような粉体としては、例えば黒鉛質カーボン粉末、セラミック粉末及び金属粉末を挙げることができる。

【0039】図 3 に示すように、粉体 12 を収容した弾力性型 6 に圧力を加え、第 1 空間 11 内の粉体 12 を加圧圧縮し、型くずれしない程度に粉体 12 を凝集させる。このことによって、この発明における摺動部材本体前駆耐である軸受け本体前駆体 13 が、図 4 に示されるように形成される。

【0040】第 1 心棒 10 を弾力性型 6 から引き抜く。これに代えて図 4 に示すような、円孔 9 に嵌挿可能な太径部 14 と、太径部 14 と同一軸線を有し、第 1 心棒 10 よりも小さい直径を有する小径部 15 とを備えた第 2 心棒 16 を用意する。図 4 に示すように、小径部 15 が弾力性型 6 内に位置し、第 2 心棒 16 おける小径部 15 が設けられた端面が弾力性型 6 の円板部 8 の内面と同一平面を形成するように、円孔 9 に挿入する。その結果、軸受け本体前駆体 13 と第 2 心棒 16 とにより、第 2 空間 17 が形成される。

【0041】図 5 に示すように、第 2 空間 17 にカーボ

ンナノチューブ 18 又はカーボンナノチューブ 18 を含んだ摺動材料を充填する。カーボンナノチューブについては、軸受け部材 1 についての説明において示した通りである。

【0042】弾力性型 6 内に液体が入らないように弾力性型 6 を密封し、室温下で、軸受け本体前駆体 13 及びカーボンナノチューブ 18 等を収容した弾力性型 6 に等方加圧成形圧力を加え、弾力性型 6 内の軸受け本体前駆体 13 及びカーボンナノチューブ 18 等を加圧圧縮する。このとき軸受け本体前駆体 13 は弾力性型 6 により圧縮され、カーボンナノチューブ 18 等は軸受け本体前駆体 13 により圧縮される。さらにこのとき軸受け本体前駆体 13 がカーボンナノチューブ 18 等に押し付けられることにより、軸受け本体前駆体 13 の一部の粒子がカーボンナノチューブ 18 等の間に浸入する。この加圧圧縮により、カーボンナノチューブ 18 等及びカーボンナノチューブ 18 等の間に浸入した軸受け本体前駆体 13 の一部から成る部分は表面層 4 になり、軸受け本体前駆体 13 の、カーボンナノチューブ 18 等の間に浸入した部分以外の部分は軸受け本体 3 になる。このようにして図 6 に示すように、弾力性型 6 内に軸受け部材 1 が形成される。

【0043】加圧圧縮終了後、軸受け部材 1 を弾力性型 6 から取り出す。

【0044】第一製造方法においては、弾力性型 6 内で軸受け本体前駆体 13 及びカーボンナノチューブ 18 等を加圧するとき、カーボンナノチューブ 18 等が加圧されることにより型くずれしない表面層前駆体が一旦形成され、その後軸受け本体前駆体 13 と前記表面層前駆体とが加圧により一体化されて、軸受け部材 1 が形成されることができると考えることもできる。またこれらの加圧成形された軸受け部材 1 は、最終的に適切な温度で焼結することができる。焼結前のこの軸受け部材はこの発明に係る摺動部材であるが、このようにして焼結して得られる焼結体もこの発明に係る摺動部材である。焼結前の摺動部材は特に「グリーン」と呼ばれることがある。例えば前記粉体としてグラファイトを使用した場合には、このグリーンは、Ar 雰囲気中で 3000℃で焼結することができる。

【0045】次にこの発明に係る摺動部材の製造方法の第二の具体例（以下「第二製造方法」という）について説明する。

【0046】図 7 に示すような第 2 弾力性型 19 を用意する。第 2 弾力性型 19 は、円筒状部 20 と、円筒状部 20 の一端部に設けられた円板部 21 とを有する。円板部 21 は、その中心部に円孔 22 を有する。

【0047】図 7 に示すように、円板部 21 の円孔 22 に嵌挿可能な円柱状の心棒 23 を、円板部 21 の円孔 22 内に挿入し、第 2 弾力性型 19 の内部空間内に心棒 23 を突出させる。その結果、第 2 弾力性型 19 内には円

筒状の第 2 空間 24 が形成される。

【0048】図 8 に示すように、第 2 空間 24 内にカーボンナノチューブ 18 又はカーボンナノチューブ 18 を含んだ摺動材料を充填する。カーボンナノチューブは前述の通りである。

【0049】図 8 に示すように、カーボンナノチューブ 18 等を収容した第 2 弾力性型 19 に圧力を加え、第 2 空間 24 内のカーボンナノチューブ 18 等を等方加圧成形し、型くずれしない程度にカーボンナノチューブ 18 等を凝集させて、図 9 に示す表面層前駆体 25 を形成させる。心棒 23 と心棒 23 に圧着した表面層前駆体 25 とを第 2 弾力性型 19 から引き抜く。

【0050】図 10 に示すような、第 1 弾力性型 26 を用意する。第 1 弾力性型 26 は、円筒状部 20（図 7 参照）より大きい直径を有する円筒状部 27 と、円筒状部 27 の一端部に設けられた円板部 28 とを有する。円板部 28 は、その中心部に心棒 23 を嵌挿可能な円孔 29 を有する。

【0051】図 10 に示すように、表面層前駆体 25 が第 1 弾力性型 26 内に位置するように、表面層前駆体 25 が圧着した心棒 23 を円孔 29 に挿入する。その結果、表面層前駆体 25 と第 1 弾力性型 26 とにより、第 1 空間 30 が形成される。

【0052】図 11 に示すように、第 1 空間 30 に、第一製造方法において説明した粉体 12 を充填する。

【0053】図 11 に示すように、例えば約 200℃、H₂ 又は N₂ 雰囲気中で、表面層前駆体 25 及び粉体 12 を収容した第 1 弾力性型 26 に圧力を加え、第 1 弾力性型 26 内の表面層前駆体 25 及び粉体 12 を加圧圧縮する。このとき粉体 12 は第 1 弾力性型 26 により圧縮され、表面層前駆体 25 は粉体 12 により圧縮される。さらにこのとき粉体 12 が表面層前駆体 25 に押し付けられることにより、粉体 12 が表面層前駆体 25 を形成するカーボンナノチューブ 18 等の間に浸入する。図 18 に示されるように、この加圧圧縮により、カーボンナノチューブ 18 等及びカーボンナノチューブ 18 等の間に浸入した粉体 12 から成る部分は軸受け本体 3 になり、カーボンナノチューブ 18 等の間に浸入した粉体 12 以外の粉体 12 からなる部分は表面層 4 になり、第 1 弾力性型 26 内で軸受け部材 1 が形成される。

【0054】加圧圧縮終了後、軸受け部材 1 を第 1 弾力性型 26 から取り出す。

【0055】第二製造方法においては、第 1 弾力性型 26 内で表面層前駆体 25 及び粉体 12 を加圧するとき、粉体 12 が加圧されることにより型くずれしない軸受け本体前駆体が一旦形成され、その後前記軸受け本体前駆体と表面層前駆体 25 とが加圧により一体化されて、軸受け部材 1 が形成されることができると考えることもできる。

【0056】第一製造方法及び第二製造方法において得られた軸受け部材 1 は、さらにその中に含まれるカーボ

ンナノチューブを黒鉛化するために、他の黒鉛材と共に黒鉛化熱処理を行うことも可能である。

【0057】次にこの発明に係る摺動部材の他の製造方法として、第三の具体例について説明する。

【0058】第二製造方法において図7～図9で示したようにして、カーボンナノチューブを加圧圧縮した後、黒鉛化熱処理を行い、図13に示す表面層前駆体32を作成する。

【0059】図13に示すように、表面層前駆体32を、表面層前駆体32よりも大きい内径を有する円筒状の金型33の中央部に配置する。

【0060】図14に示すように、表面層前駆体32と金型33とにより形成される第1空間34に焼結可能な粉体、例えば金属の粉体35を充填する。

【0061】金型33を、粉体35が焼結する温度に加熱する。粉体35は焼結し、一体化する。さらに粉体35の一部が熔融し、表面層前駆体32を形成する黒鉛化カーボンナノチューブ間に浸入する。

【0062】金型33を冷却すると、金型33内の金属は固化する。以上により図15に示すように、表面層前駆体32を形成する黒鉛化カーボンナノチューブ及びその黒鉛化カーボンナノチューブ間に浸入した金属から成る部分は表面層37になり、黒鉛化カーボンナノチューブ間に浸入した金属以外の金属からなる部分は軸受け本体36になる。このようにして、金型33内に軸受け部材41が形成される。

【0063】軸受け部材41を第1弾力性型26から取り出す。

【0064】その摺動部材が軸受け以外である場合には、その摺動部材は、上記第一製造方法、第二製造方法又は第三製造方法を基本として、これに適宜変更を加えて製造することができる。すなわちそのような摺動部材は、カーボンナノチューブの集合体で、相手材が接触する摺動面を有する表面層を形成するための表面層前駆体を形成する表面層前駆体形成工程、前記カーボンナノチューブを黒鉛化する温度により分解せず、カーボンナノチューブの集合体におけるカーボンナノチューブ間に浸入可能な粉体で摺動部材本体前駆体を形成する摺動部材本体前駆体形成工程、及び摺動部材本体前駆体の表面に前記表面層前駆体が存在する状態で加圧加熱して一体化する工程を有する製造方法に、それら摺動部材の形状及び大きさ等に応じた変更を適宜加えた方法により製造することができる。

【0065】

【発明の効果】この発明に係る摺動部材は、摺動部材全体の機械的強度を保障する摺動部材本体を有するので、耐荷重性に優れる。

【0066】この発明に係る摺動部材は、摩擦係数が小さく、熱伝導性に優れるカーボンナノチューブにより摺動面が形成されるので、摩擦係数が小さく、軸等の磨耗

が少なく、また油膜切れ又は焼き付け等の発生を防止することができる。

【0067】この発明に係る摺動部材は、摺動部材本体と表面層とが明確な界面を有することなく一体に形成されているので、耐荷重性に優れ、また熱伝導性が良く、前述の油膜切れ又は焼き付け等の発生の防止効果が大きい。

【0068】この発明に係る摺動部材の製造方法によれば、前記摺動部材を効率良く、簡易に、低コストで製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、この発明に係る摺動部材の一具体例である軸受け部材1の縦断面説明図である。

【図2】図2は、弾力性型6に第1心棒10を装着した状態を示す縦断面説明図である。

【図3】図3は、第1空間11内に粉体12を充填した状態を示す縦断面説明図である。

【図4】図4は、軸受け本体前駆体13を収容した弾力性型6に第2心棒16を装着した状態を示す縦断面説明図である。

【図5】図5は、第2空間17にカーボンナノチューブ18を充填した状態を示す縦断面説明図である。

【図6】図6は、弾力性型6内に形成された軸受け部材1を示す縦断面説明図である。

【図7】図7は、心棒23を第2弾力性型19に装着した状態を示す縦断面説明図である。

【図8】図8は、第2空間24内にカーボンナノチューブ18を充填した状態を示す縦断面説明図である。

【図9】図9は、第2弾力性型19内に形成された表面層前駆体25を示す縦断面説明図である。

【図10】図10は、表面層前駆体25が圧着した心棒23を第1弾力性型26に装着した状態を示す縦断面説明図である。

【図11】図11は、第1空間30に粉体12を充填した状態を示す縦断面説明図である。

【図12】図12は、第1弾力性型26内に形成された軸受け部材1を示す縦断面説明図である。

【図13】図13は、表面層前駆体32を金型33の中央部に配置した状態を示す縦断面説明図である。

【図14】図14は、第1空間34に粉体35を充填した状態を示す縦断面説明図である。

【図15】図15は、金型33内に形成された軸受け部材41を示す縦断面説明図である。

【符号の説明】

1・・・軸受け部材、2・・・摺動孔、3・・・軸受け本体、4・・・表面層、5・・・摺動面、6・・・弾力性型、7・・・円筒状部、8・・・円板部、9・・・円孔、10・・・第1心棒、11・・・第1空間、12・・・粉体、13・・・軸受け本体前駆体、14・・・太径部、15・・・小径部、16・・・第2心棒、17・・・第2空間、18・・・カーボンナノ

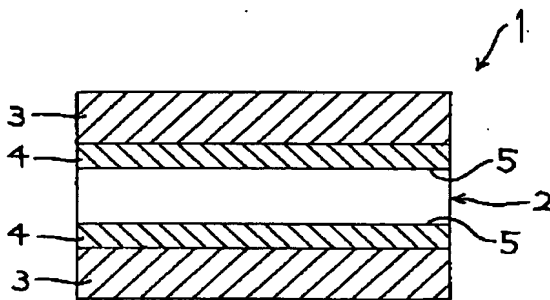
13

チューブ、19・・・第2弾力性型、20・・・円筒状部、
21・・・円板部、22・・・円孔、23・・・心棒、24・・・
第2空間、25・・・表面層前駆体、26・・・第1弾力
性型、27・・・円筒状部、28・・・円板部、29・・・円*

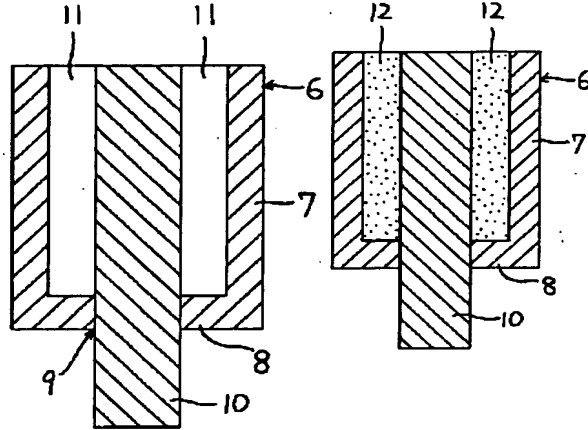
14

*孔、30・・・第1空間、32・・・表面層前駆体、33・・・
金型、34・・・第1空間、35・・・粉体、36・・・軸
受け本体、37・・・表面層、41・・・軸受け部材

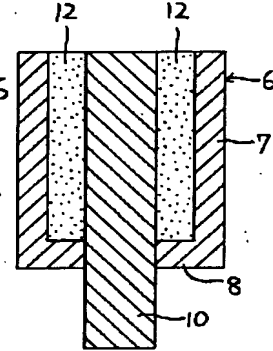
【図1】



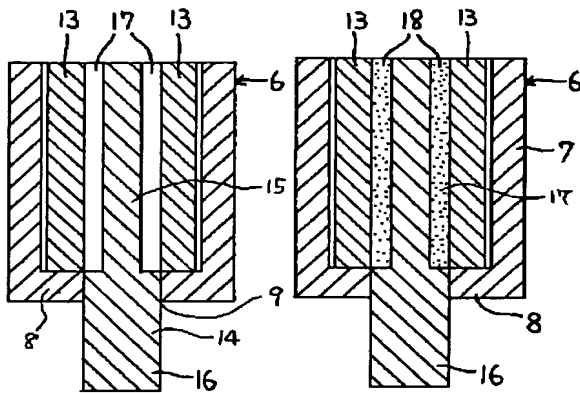
【図2】



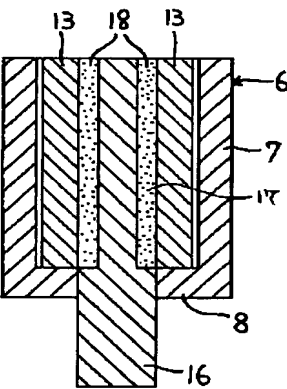
【図3】



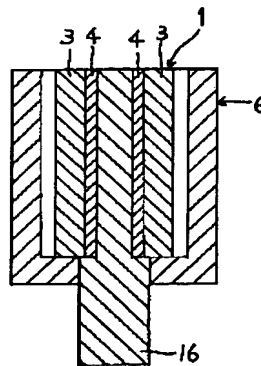
【図4】



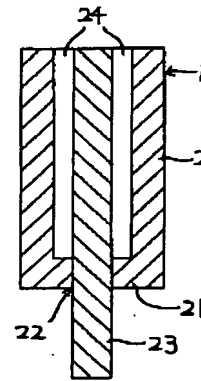
【図5】



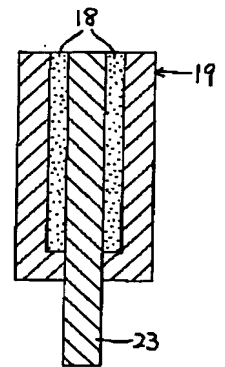
【図6】



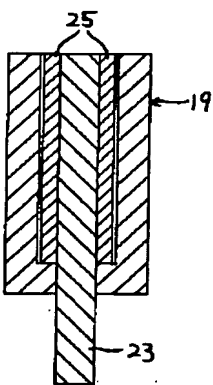
【図7】



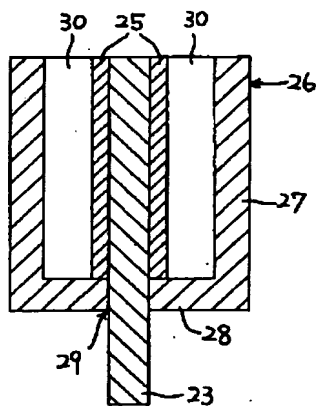
【図8】



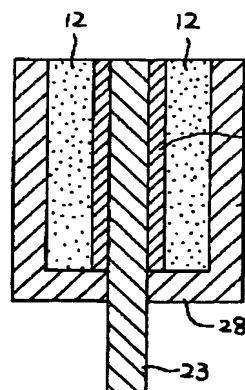
【図9】



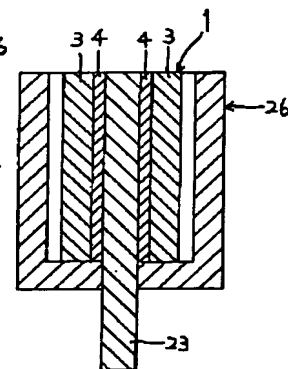
【図10】



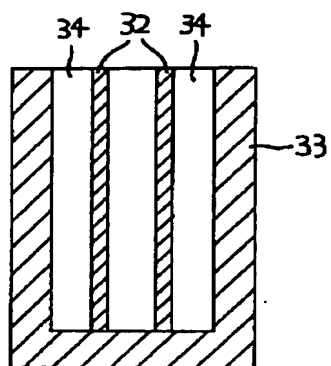
【図11】



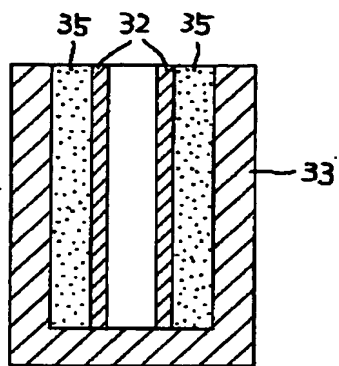
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

